

Резюме звіту «ОЦІНКА СУЧАСНОГО СТАНУ (1991-2020 РР.) ТА ЗМІНИ ВОДНОСТІ У БАСЕЙНІ ДНІСТРА НА ПЕРІОД ДО 2041-2060 РР. НА ОСНОВІ НОВИХ КЛІМАТИЧНИХ СЦЕНАРІЇВ З УРАХУВАННЯМ МАЛОВОДДЯ ОСТАННІХ РОКІВ І СУЧАСНИХ ТЕНДЕНЦІЙ ВОДОКОРИСТУВАННЯ»

Вступ

Басейн річки Дністер об'єднує Молдову та Україну, забезпечуючи водними ресурсами понад десять мільйонів людей. Проте з 2011 року спостерігається стійка тенденція маловоддя, спричинена кліматичними змінами та збільшенням водозабору. Дослідження спрямовано на оцінку водних ресурсів Дністра, аналіз поточних кліматичних тенденцій та прогноз змін річкового стоку на основі сучасних кліматичних сценаріїв.

Вивчення кліматичних та гідрологічних змін у басейні Дністра є важливим завданням для забезпечення сталого водокористування. В останні десятиліття кліматичні зміни призвели до значних змін гідрологічного режиму, що позначається на доступності води для різних секторів економіки та екосистемних процесів. У цьому дослідженні розглядаються ключові тенденції, прогнозовані зміни та можливі шляхи адаптації до нових умов.

Звіт підготовлено спільною молдовсько-українською групою експертів на прохання та за участі Державного агентства водних ресурсів України та Національної адміністрації «Apele Moldovei» за підтримки Європейської економічної комісії ООН та Секретаріату Конвенції з транскордонних вод.¹

¹ Молдова: Герман Беженару, Анатолій Завадський – Національна адміністрація «Apele Moldovei»; Віталій Мардар – Державна гідрометеорологічна служба Республіки Молдова

Україна: Віра Балабух, Олег Скриник, Владислав Сиденко – Український гідрометеорологічний інститут Державної служби надзвичайних ситуацій України та Національної академії наук України; Василь Гребінь, Марина Гопцій – Київський національний університет імені Тараса Шевченка.

Загальна координація: Ганна Плотникова, секретаріат Конвенції з транскордонних вод, СЕК ООН

Зміст

Вступ	1
1. Матеріали та методи досліджень	3
2. Оцінка термічного режиму та режиму зволоження (1991-2020 рр.)	3
2.1 Температурний режим	3
2.2 Опади та режим зволоження	4
2.3 Випаровуваність та баланс вологи	4
2.4 Висновки	5
3. Проекції змін (2041-2060 рр.)	5
3.1 Середня, середня максимальна та середня мінімальна за рік, сезон, місяць температура повітря.....	5
3.2 Кількість опадів за рік, сезон, місяць	6
3.3 Загальний річковий стік за рік, сезон, місяць.....	6
4. Водність Дністра (1991-2020 рр.)	7
5. Внутрішньорічний розподіл стоку	8
6. Сучасні тенденції водокористування	9
6.1 Молдовська частина басейну	9
6.2 Українська частина басейну.....	10
Висновки	11

1. Матеріали та методи досліджень

Дослідження спирається на дані багаторічних гідрометеорологічних спостережень, статистичний аналіз кліматичних показників та моделювання майбутніх змін. Використано сценарії зміни клімату SSP2-4.5 (сценарій помірних кліматичних змін) та SSP5-8.5 (сценарій інтенсивного потепління) із Шостого оцінювального звіту МГЕЗК. Проекції засновані на ансамблі кліматичних моделей СМІР6, скоригованих методом квантильного дельта відображення.

Для аналізу використано дані гідрологічних постів, розташованих на території Молдови та України. Важливою частиною дослідження є застосування методів геоінформаційного аналізу (ГІС), що дозволяють виявити просторові закономірності зміни клімату та водності в басейні річки Дністер. Дані опрацьовано з використанням сучасних методів статистичної обробки, включаючи регресійний аналіз та моделювання часових рядів.

2. Оцінка термічного режиму та режиму зволоження (1991-2020 рр.)

Гідрологічний режим басейну Дністра формується під впливом кліматичних умов, які за останні десятиліття зазнали значних змін. Зміна температурного режиму і перерозподіл опадів безпосередньо впливають на водність річки, а також на процеси випаровування, інфільтрації та поверхневого стоку. Глава присвячена аналізу термічного режиму та режиму зволоження у басейні Дністра за період 1991-2020 рр. з метою виявлення ключових трендів та факторів, що впливають на водний баланс регіону.

2.1 Температурний режим

Температура повітря є одним із найважливіших кліматичних факторів, що визначають випаровування, замерзання водойм та інтенсивність сніготанення. У басейні Дністра за період 1991-2020 рр. спостерігається стала тенденція до потепління. Середньорічна температура підвищилася на 0,7-1,2°C у порівнянні з періодом 1961-1990 рр., при цьому найінтенсивніше зростання відзначається в літні місяці.

2.1.1 Зміна сезонних температур

- **Зимовий період:** відзначається скорочення тривалості зимового сезону, збільшення числа днів із додатними температурами та зменшення тривалості льодоставу на водних об'єктах.
- **Весняний період:** більш раннє настання весняного потепління призводить до прискореного танення снігів, що впливає на характер повені та розподіл стоку.
- **Літній період:** зростання середньодобових температур супроводжується збільшенням випаровуваності, зниженням запасів вологи в ґрунті та підвищенням ймовірності посушливих явищ.
- **Осіній період:** зсув температурних норм призводить до збільшення тривалості теплого сезону, що впливає на ростову активність рослин та вегетаційні процеси в екосистемах басейну.

2.1.2 Вплив потепління на гідрологічний режим

Зростання температури повітря призводить до збільшення випаровування з водної поверхні та ґрунту, що знижує обсяги доступної вологи. У басейні Дністра реєструється збільшення кількості днів із екстремально високими температурами, що супроводжується посухами та зменшенням річкового стоку у маловодний період.

2.2 Оподи та режим зволоження

Атмосферні опади є головним джерелом живлення річок, визначаючи водність басейну. Аналіз динаміки опадів у період 1991-2020 рр. показує зміну їх розподілу у часі та просторі.

2.2.1 Загальна тенденція зміни опадів

- Середньорічна кількість опадів у басейні Дністра демонструє тенденцію до зменшення, особливо у літній та осінній періоди.
- Збільшення інтенсивності опадів у зимовий період супроводжується зростанням стоку талих й дощових вод, що може призводити до сезонних паводків
- Збільшена нерівномірність розподілу опадів призводить до зростання кількості екстремальних явищ: паводків та посух.

2.2.2 Просторовий розподіл опадів

- У північній частині басейну фіксується невелике збільшення кількості опадів у зимовий період, що пов'язано з активізацією циклонічної діяльності.
- У центральній та південній частині басейну опади зменшуються на 10-20%, що у поєднанні зі зростанням температури призводить до зростання посушливості та дефіциту вологи.

2.3 Випаровуваність та баланс вологи

Випаровування відіграє ключову роль у водному балансі регіону, визначаючи втрати води в атмосфері та доступність вологи для екосистем та господарської діяльності.

2.3.1 Динаміка випаровуваності

- За період 1991-2020 рр. середньорічна випаровуваність у басейні Дністра збільшилась на 15-25%.
- Максимальні значення випаровуваності спостерігаються у літні місяці, що пов'язано з високими температурами та зменшенням хмарності.
- Річкові басейни зазнають інтенсивніших втрат вологи, що відбивається на зниженні стоку річок і рівнів водосховищ.

2.3.2 Вплив на ґрунтову вологу

- Підвищена випаровуваність скорочує запаси ґрунтової вологи, що позначається на продуктивності сільськогосподарських культур та екосистемних процесах.

- Дефіцит вологи призводить до деградації ґрунтів, зменшення водоутримуючої здатності ландшафтів та зростання потреби у зрошенні.

2.4 Висновки

Аналіз термічного режиму та режиму зволоження басейну Дністра за період 1991-2020 рр. показує чіткі кліматичні тенденції:

- Спостерігається стійке зростання температури, особливо у літній та зимовий сезони.
- Зміна сезонності опадів призводить до скорочення водних ресурсів у літній період та збільшення інтенсивності зимових паводків.
- Зростання випаровуваності знижує доступність вологи для річок та екосистем, посилюючи посушливі явища.

В умовах кліматичних змін необхідно розробити стратегії адаптації водогосподарського комплексу, включаючи заходи з регулювання стоку, оптимізації водокористування та впровадження сучасних технологій збереження вологи у ландшафтах басейну Дністра.

3. Проекції змін (2041-2060 рр.)

3.1 Середня, середня максимальна та середня мінімальна за рік, сезон, місяць температура повітря

Прогнозовані зміни температурного режиму у басейні Дністра на період 2041-2060 рр. показують стійку тенденцію до зростання: ріст середньої за рік температури повітря відносно сучасного кліматичного періоду (1991-2020 рр.) ймовірно перевищить 1,5°C і може сягати 1,6-1,8°C на значній території басейну за сценарію помірних кліматичних змін (SSP2-4.5) та на 2,0-2,4°C за сценарію інтенсивного потепління (SSP5-8.5). Найбільший ріст температури повітря очікується за сценарію SSP5-8.5.

Основні зміни:

- **Середня за рік температура** зросте в середньому, на 2,0-2,7°C за сценарію SSP5-8.5
- **Середня максимальна температура влітку** збільшиться на 2,6-2,8°C за сценарію інтенсивного потепління, що посилить частоту екстремально спекотних днів.
- **Середня мінімальна температура взимку** підвищиться на 2,0-2,7°C, що скоротить тривалість льодоставу на річках.
- **Сезонні зміни** вказують на найбільш значне зростання температури в літні та осінні місяці, що посилить випаровуваність та збільшить частоту посух.

3.2 Кількість опадів за рік, сезон, місяць

Зміна характеру опадів у басейні Дністра проявиться у вигляді збільшення зимових опадів та скорочення літніх. Прогнози вказують на такі тенденції:

Основні зміни:

- **Середня за рік кількість опадів** зміниться не суттєво.
- **Літні опади** можуть зменшитись на 35% і більше, що призведе до посилення водного дефіциту в теплий період.
- **Зимові опади** збільшаться на 20-30%, що посилить ймовірність зимових паводків та повеней.
- **Сезонні аномалії** включають зростання кількості опадів у вигляді злив, що посилить ерозійні процеси та нерівномірне поповнення водних ресурсів.

3.3 Загальний річковий стік за рік, сезон, місяць

Прогнозовані зміни стоку Дністра вказують на значне скорочення водних ресурсів у літній період та можливе збільшення зимового стоку.

Основні зміни:

- **Загальний річний водний стік** може зменшитися від 10% у верхній течії до 30% та більше - в нижній. При цьому проєкції змін для сценаріїв SSP2-4.5 та SSP5-8.5 суттєво не відрізняться.
- **Зниження стоку влітку** складе від 10-15% у верхній течії до 25-35% в нижній, що створить дефіцит води для сільського господарства та водопостачання.
- **Взимку** очікується зменшення **водного стоку** від 7% у верхній течії до 25-35% в нижній за сценарієм SSP2-4.5, а за сценарієм SSP5-8.5 зменшення стоку може бути більш суттєвим і досягати в нижній течії 30-40%.
- **Гідрологічні екстремуми** проявляться у вигляді частіших і сильніших повеней взимку і триваліших маловодних періодів влітку.

Зміни температурного режиму, режиму опадів та річкового стоку вимагають адаптаційних заходів:

- Оптимізація управління водними ресурсами, зокрема регулювання роботи водосховищ.
- Впровадження методів водозбереження та захисту ґрунтів у сільському господарстві.
- Підвищення ефективності меліоративних систем.
- Покращення роботи систем очистки стічних вод.
- Посилення моніторингу змін кліматичних показників та адаптаційні стратегії транскордонного співробітництва Молдови та України щодо управління басейном Дністра.

Ці прогнозовані зміни вимагають термінових заходів для адаптації до нових кліматичних умов та мінімізації негативних наслідків для населення та економіки регіону.

4. Водність Дністра (1991-2020 рр.)

Водність річки Дністер визначається обсягом вологи, що надходить, яка формується за рахунок атмосферних опадів, ґрунтових вод і поверхневого стоку. За останні 30 років у басейні Дністра спостерігаються значні зміни гідрологічного режиму, пов'язані з кліматичними факторами та антропогенним впливом.

Основні тенденції:

- **Загальний обсяг водних ресурсів** скоротився на 10-25% порівняно з кліматичним періодом 1961-1990 рр.
- **Середньорічний стік** у нижній течії річки зменшився в середньому на 15-30%, особливо у посушливі роки.
- **Розподіл водних ресурсів стає** більш нерівномірним: літній маловодний період подовжується, а зимові паводки стають більш вираженими.
- **Значна роль водосховищ** у регулюванні стоку, особливо в умовах клімату, що змінюється.

Гідрологічні спостереження підтверджують, що річковий стік Дністра значно змінився протягом останніх десятиліть. Дані аналізу свідчать про:

- **Зниження середньорічного стоку** у всьому басейні, особливо в його південній частині.
- **Зміну режиму повені:** весняні повені стали менш вираженими через скорочення снігового покриву та підвищення температури повітря.
- **Посилення маловодних періодів** влітку та восени, що призводить до дефіциту води для господарських потреб.
- **Зростання короткочасних екстремальних паводків** взимку через підвищення інтенсивності опадів та танення снігу.

Кліматичні зміни справляють значний вплив на водні ресурси Дністра:

- **Зростання температури** сприяє збільшенню випаровування, що знижує обсяг доступної води.
- **Зниження кількості опадів влітку** посилює дефіцит вологи, знижуючи живлення річок.
- **Інтенсифікація опадів взимку** призводить до різких коливань стоку та збільшення частоти повеней.
- **Зміна снігового покриву:** скорочення його висоти та тривалості існування негативно позначається на весняній повені.

Окрім кліматичних факторів, значний вплив на водні ресурси Дністра чинить діяльність людини:

- **Регулювання стоку гідротехнічними спорудами:** греблі та водосховища змінюють природний режим річки.
- **Збільшення водозабору** для сільського господарства, промисловості та комунального сектору.

- **Забруднення води** стічними водами та відходами призводить до погіршення якості водних ресурсів.
- **Порушення водного балансу** внаслідок неконтрольованого використання підземних вод.

Аналіз сучасних змін водності Дністра показує необхідність термінових заходів з адаптації та сталого управління водними ресурсами. Рекомендовані заходи включають:

- **Розвиток комплексної системи моніторингу** стоку, опадів та інших гідрометеорологічних показників.
- **Підвищення ефективності водозбереження** та впровадження сучасних технологій зрошення.
- **Оптимізація управління водосховищами** для стабілізації сезонних коливань водності.
- **Зниження забруднення водних об'єктів** та покращення системи очищення стічних вод.
- **Розвиток транскордонного співробітництва** між Молдовою та Україною для спільного управління водними ресурсами.

Стабілізація водного режиму Дністра в умовах мінливого клімату потребує комплексного підходу, що включає наукові дослідження, стратегічне планування та координацію на міжнародному рівні.

5. Внутрішньорічний розподіл стоку

внутрішньорічний розподіл річкового стоку Дністра зазнав значних змін під впливом кліматичних факторів та діяльності людини. Традиційна весняна повінь стала менш вираженою, а літній маловодний період збільшився за тривалістю та інтенсивністю.

Основні зміни:

- **Весняний стік** зменшується через зменшення снігозапасів та раннє танення снігу.
- **Літній маловодний період** подовжується через зростання температури повітря та збільшення випаровуваності.
- **Осінні мінімуми стоку** стають більш вираженими через скорочення опадів у вересні-жовтні.
- **Зимовий стік** зростає за рахунок збільшення кількості дощових опадів та зимових відлиг.

Порівняльний аналіз внутрішньорічного стоку Дністра за періоди 1961-1990 рр. та 1991-2020 рр. показує:

- У зимовий період спостерігається підвищення стоку на 10-15% через збільшення опадів у вигляді дощу.
- У весняний період повінь стає менш вираженою, її тривалість скорочується.
- У літній період водність річки знижується в середньому на 20-40%, що створює проблеми водопостачання.
- Восени мінімальний рівень стоку спостерігається частіше і триває довше.

Глобальні кліматичні зміни мають серйозний вплив на внутрішньорічний розподіл річкового стоку:

- **Скорочення снігового покриву** призводить до зменшення весняної повені.
- **Зростання температури** збільшує випаровуваність, що знижує річковий стік у теплий період.
- **Зміна структури опадів** зі зменшенням кількості снігу та зростанням зимових дощів збільшує зимовий стік.
- **Частота екстремальних явищ** (посухи та зливи) призводить до різких коливань рівня води протягом року.

Окрім кліматичних факторів, сезонні коливання річкового стоку посилюються за рахунок діяльності людини:

- **Водосховища та греблі** згладжують природні сезонні коливання стоку, зменшуючи негативний вплив паводків та підтримуючи мінімальний рівень води у посушливий період.
- **Забір води для сільського господарства та промисловості** знижує кількість водних ресурсів влітку.
- **Зміна ландшафту** (урбанізація, меліорація) впливає на природний водообмін, змінюючи швидкість стоку та обсяг інфільтрації у ґрунт.

Аналіз сезонних змін стоку Дністра вказує на необхідність адаптаційних заходів:

- **Покращення моніторингу та прогнозування** внутрішньорічного стоку для ефективного управління водними ресурсами.
- **Розвиток систем зберігання води** для компенсації дефіциту у посушливі періоди.
- **Оптимізація роботи гідротехнічних споруд** з урахуванням клімату, що змінюється.
- **Впровадження водозберігаючих технологій** у промисловості та сільському господарстві для зниження навантаження на річковий стік влітку.
- **Розробка стратегії адаптації** до мінливих умов, що включає транскордонне співробітництво з регулювання стоку.

Подальше вивчення внутрішньорічних коливань стоку необхідне для адаптації водогосподарських стратегій до сучасних і майбутніх кліматичних умов.

6. Сучасні тенденції водокористування

Водокористування у басейні Дністра характеризується збільшенням водозабору для сільського господарства, промисловості та комунального сектору.

6.1 Молдовська частина басейну

Молдовська частина басейну Дністра зазнає серйозного тиску на водні ресурси, обумовленого зміною клімату, зростанням споживання води та забрудненням. Основні користувачі води – сільське господарство та комунальний сектор, тоді як промислове водоспоживання має другорядне значення.

Ключові аспекти:

- **Збільшення обсягів забору води:** у період з 1991 по 2020 роки обсяг води, що використовується для зрошення, зріс та складає 13,5 млн м³ по правобережжю і 32,8 млн м³ по лівобережжю Дністра.
- **Використання застарілих методів зрошення:** до **70%** зрошувальних систем працюють за застарілими технологіями, що призводить до втрат води на рівні **30-40%**.
- **Недостатнє використання водозберігаючих технологій:** крапельне зрошення використовується лише на **10-15%** зрошувальних площ, тоді як його впровадження дозволило б знизити споживання води на **30-50%**.
- **Сезонні піки споживання:** у літні місяці споживання води для зрошення зростає в **2-3 рази**, що призводить до тимчасового водного дефіциту в нижній течії Дністра.
- **Забруднення води:** близько **50%** водозаборів зазнають забруднення сільськогосподарськими хімікатами (пестицидами та добривами).

Виклики та проблеми:

- Високі втрати води через застарілу інфраструктуру.
- Обмежені фінансові можливості фермерів для впровадження водозберігаючих технологій.
- Низький ступінь очищення стічних вод у малих містах та сільських районах.

Рекомендовані заходи:

- Програма модернізації зрошувальних систем із акцентом на водозбереження.
- Посилення контролю над застосуванням агрохімікатів поблизу водойм.
- Розвиток транскордонних механізмів управління водними ресурсами між Молдовою та Україною.

6.2 Українська частина басейну

Водокористування в українській частині басейну Дністра зазнало значних змін за останні десятиліття, що пов'язано як з кліматичними факторами, так і з соціально-економічними процесами. Основними секторами водокористування є сільське господарство, промисловість, комунальне господарство та енергетика.

Основні тенденції:

- **Зростання споживання води сільському господарстві:** за останні 30 років обсяг забору води для зрошення збільшився, особливо в посушливі роки та становить 17,5 млн м³. У південній частині басейну, включаючи Вінницьку та Одеську області, спостерігається найбільше зростання водоспоживання.
- **Зниження промислового водокористування:** з 2000 року обсяг води, що використовується в промисловості, знизився на **15-20%** за рахунок впровадження технологій рециркуляції. Основні галузі, що скоротили споживання, - металургія, хімічна та харчова промисловість.

- **Зростання комунального водоспоживання:** у великих містах басейну, таких як Івано-Франківськ, Львів та Чернівці, споживання води збільшилось на **10-15%** внаслідок зростання населення та розширення інфраструктури.
- **Підвищення навантаження на водні ресурси внаслідок забруднення:** стічні води, що містять біогенні елементи (азот та фосфор), призвели до погіршення якості води у **60% водойм** басейну. Основні джерела забруднення – сільськогосподарські стоки та неочищені комунальні стічні води.

Виклики та проблеми:

- Низька ефективність існуючих систем водопостачання: до **40%** води втрачається у зношених трубопроводах.
- Зниження рівня підземних вод через зростання водозабору, особливо у південній частині басейну.
- Загроза посух у літні періоди, що призводить до сезонного дефіциту води.

Рекомендовані заходи:

- Вдосконалення системи моніторингу якості води та посилення контролю за скиданням стічних вод.
- Розвиток програм реконструкції систем водопостачання для скорочення втрат води.
- Впровадження ефективніших методів зрошення (крапельне, мікроспринклерне).
- Ревіталізація (відновлення) річок: заходи, спрямовані на відновлення природних процесів та функцій річкової екосистеми, які були порушені.
- Демонтаж гребель та інших штучних перешкод на малих річках басейну, які перешкоджають природній течії річок, сприяють їх замуленню, заростанню, погіршенню якості води, зростанню витрат води на додаткове випаровування.

Таким чином, аналіз молдовської та української частин басейну Дністра показує, що головними викликами залишаються надмірне споживання води у сільському господарстві, низька ефективність інфраструктури водопостачання та забруднення. Вирішення цих проблем потребує комплексного підходу, що включає технічні інновації, міжнародне співробітництво та державне регулювання.

Висновки

Дослідження підтверджує значний вплив кліматичних змін на гідрологічний режим Дністра. Очікується зростання температури, зниження опадів у літній період та зменшення річкового стоку. Це створює загрозу водопостачанню населення та екосистем. Для адаптації необхідно:

- Впровадження заходів з підвищення водоефективності.
- Розвиток технологій водозбереження.
- Посилення транскордонного співробітництва Молдови та України.

Зміни водних ресурсів потребують комплексного управління та адаптації до нових кліматичних умов.